

我国马铃薯组织和细胞培养研究进展

司怀军, 王 蒂, 戴朝曦, 王 清

(甘肃农业大学农业生物工程研究所, 兰州 730070)

摘 要: 简述了近 20 年来, 我国马铃薯组织和细胞培养, 包括茎尖、花药、花粉、胚、子房、胚乳、叶片、茎段、块茎、原生质体、悬乳细胞等多种外植体培养以及离体块茎生产种质离体保存取得的重要进展, 讨论了马铃薯组织和细胞培养的应用前景及存在问题。

关键词 马铃薯; 组织培养; 细胞培养; 离体块茎生产; 种质离体保存

中图分类号: S532, S188 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0092 (2000) 04-0220-05

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 属茄科茄属双子叶植物, 栽培马铃薯为同源四倍体无性繁殖作物。马铃薯是植物组织和细胞培养的模式作物之一, 其组织和细胞培养技术已相当完善, 并且在试管苗快繁和脱毒种薯的生产上已取得了巨大的经济效益。近 20 年来, 我国在马铃薯组织和细胞培养方面也取得了不少研究成果。本文将简要的介绍我国在这方面的研究进展, 并结合我们自己的一些研究成果作一评述。

1 茎尖培养 (stem/shoot tip culture)

茎尖培养又叫分生组织培养 (meristem culture), 是包括马铃薯在内的许多植物脱除病毒的重要手段。现在, 世界上所有生产马铃薯的主要国家, 在生产中都使用这一技术。我国于 70 年代初, 由吉林农业大学、辽宁省农科院和黑龙江省克山农科所对茎尖组织培养进行了初步试验, 取得了一定进展。1974 年开始, 中国科学院植物研究所相继和黑龙江省克山农科所、内蒙古乌盟农科所, 以及中国科学院微生物研究所、遗传研究所、动物研究所、内蒙古大学等单位协作, 开发以马铃薯茎尖培养为中心的实用化研究, 获得了一些无病毒品种和大量无病毒植株。1976 年于内蒙古建立了我国第一个马铃薯脱毒原原种场, 开始了我国无病毒种薯生产的时代^[1]。现在, 我国生产马铃薯的各大单位, 几乎都能将该技术应用于马铃薯脱毒种薯的生产中。

我国已有不少关于马铃薯茎尖培养获得无病毒植株的研究报道^[2-9]。影响马铃薯茎尖培养产生无病毒植株的因素主要有茎尖大小、培养基、培养条件和病毒的种类。一般茎尖越小, 脱毒效果越好, 但不容易成活。合适的离体茎尖应该是带 1~2 个叶原基的马铃薯生长点^[2,4,9]。我国学者培养马铃薯茎尖主要采用革新培养基^[2,4,8,9]和 MS 培养基^[3]。马铃薯茎尖培养脱毒从易到难的顺序如下: 马铃薯卷叶病毒 (PLRV)、马铃薯 A 病毒 (PVA)、马铃薯 Y 病毒 (PVY)、马铃薯奥古巴花叶病毒 (PAMV)、马铃薯 M 病毒 (PVM)、马铃薯 X 病毒 (PVX)、马铃薯 S 病毒 (PVS) 和马铃薯纺锤块茎类病毒 (PSTV)。此顺序也不是绝对的, 会因品种、培养条件、病毒的不同株系等而有所变化。中国科学院植物研究所等 (1976)^[2]以革新培养基培养带 1~2 个叶原基的马铃薯离体茎尖, 在温度 20~30℃、光照 1000~3000lx 下, 一般 3 个月内成苗, 成苗率可达 50% 以上, 有些品种高达 70%~80%, 经鉴别寄主法和抗血清法进行病毒鉴定, 获得了 8 个马铃薯品种的无病毒植株。中国科学院遗传研究所 (1976)^[3]以 MS 附加 0.8mg/L GA₃ 培养基培养 2 个马铃薯早熟品种“男爵”和“红纹白”的茎尖生长点发育成了植株。黄楚材等 (1980)^[4]以 MA 培养基培养马铃薯茎尖, 经 3 个多月的离体培养长成带根小苗, 用 X、Y 血清鉴定, 在 129 株中获得无 X、Y 病毒的马铃薯品种“双季 1 号”小苗 27 株。林长春等 (1989)^[8]采用 MA 附

收稿日期: 2000-05-02

加 0.1~0.5mg/L BAP、0.5mg/L GA₃、0.01mg/L NAA 培养基培养马铃薯茎尖, 生产出无 PVX、PVY 等 5 种病毒 10 个品种的试管苗 67 株, 此外还有 500 个品种(系)获得了试管苗。

2 器官培养 (organ culture)

2.1 花药和花粉培养 (anther and pollen culture)

马铃薯普通栽培种为同源四倍体, 其遗传分离复杂。通过花药和花粉培养: ①可以在短期内获得纯合四倍体材料; ②利用一单倍体 (monohaploid) 和双单倍体 (dihaploid) 可使隐性基因得以表达, 从而提高选择效率; ③双单倍体容易和二倍体野生种杂交, 从而可以有效的利用野生种质; ④通过纯系间杂交或与 2n 配子材料杂交, 可获得性状整齐一致的后代, 为选育不分离的实生种子提供优良亲本。因此, 该项技术在马铃薯的遗传育种研究中具有重要的理论与实践意义。我国学者曾在马铃薯花药培养方面进行了广泛的研究, 取得了许多重要的理论与实践成果^[10~20]。戴朝曦等 (1982、1985)^[10~12]以四倍体普通栽培种为材料, MS 附加 2mg/L NAA、1mg/L 2,4-D、0.5mg/L KT、0.3% 活性炭和 5% 马铃薯块茎提取液的培养基培养单核期的花药, 在接种的 20720 枚花药中, 共诱导出愈伤组织 204 块, 胚体 24 个和 3 块胚性细胞团, 其诱导总频率可达 1.11%, 小植株的诱导率为 1.35%。并且在实验中观察到加入 0.3% 活性炭和 5% 马铃薯块茎提取液可明显的提高诱导效果。特别的是由无性系 272 诱导出的一株白化苗基部形成的白色愈伤组织, 由其直接形成了小块茎, 进而由块茎上的芽长出了绿苗。朱明凯等 (1985)^[14]以 MS 附加 0.5mg/L KT 和 1mg/L 2,4-D 培养早熟四倍体栽培种的花药发现, 以胚状体诱导成苗比愈伤组织诱导成苗率高, 从愈伤组织分化出的苗有混倍体 (2n=28, 32)、双单倍体 (2n=24) 和四倍体 (2n=48), 而从胚状体诱导成苗均为双单倍体 (2n=24)。在马铃薯花药培养中, 低湿预处理^[13]、高温前处理^[17,20]、培养基中添加 50~100μmol/L AgNO₃^[19]均可提高花药培养再生植株的频率。我国马铃薯花药培养的研究, 大多数都是由普通四倍体栽培种诱导双单倍体植株^[10~15], 也有一些由双单倍体植株和二倍体野生种诱导一单倍体植株的报道^[17~20]。关于马铃薯花粉培养, 在我国研究者甚

少, 左秋仙等 (1990)^[16]采用液体浅层培养法培养四倍体栽培种的花粉仅得到了愈伤组织, 而未获得再生植株。

2.2 胚培养 (embryo culture)

在庞大的马铃薯家族中, 由于种间杂交形成的杂种胚乳发育不良或胚乳之间的不亲和性, 致使胚在早期败育, 因而难以将野生种和近缘栽培种的优良基因转移到普通栽培种中。采用胚培养技术可以克服上述困难, 从而获得种间或属间杂种, 而且还可以打破种子休眠, 缩短育种年限。王蒂等 (1991)^[21]的研究结果表明, 杂交后 10d 以上的幼胚才能形成完整植株, 培养早期暗处理 25d 和高浓度蔗糖 (80g/L) 有助于幼胚发育成植株, 成熟胚对光照和蔗糖浓度的选择性降低。

2.3 子房培养 (ovary culture)

对于用花药培养难以成功或诱导率极低的马铃薯品种(系), 未授粉子房培养是获得单倍体植株的一条重要途径。对雄性不育的品种或因环境因素影响而不能开花的品种(系), 通过子房培养也可诱导单倍体植株。此外, 离体子房培养对于阐明果实的形态发生、生理生化等过程提供了一个很好的实验系统。因此, 离体子房培养在植物体细胞遗传学 (Somatic Cell Genetics) 中具有重要的意义。目前, 同花药培养相比, 马铃薯子房培养离实际应用尚有较大的距离, 有待从培养技术上进一步深入研究。陶自荣等 (1988)^[22]以 MS 附加一定激素的培养基培养未授粉的四倍体栽培种马铃薯子房, 从“乌盟 601”和“中心 24”两个品种获得了绿色小植株, 其绿苗诱导率分别为 3.3% 和 2.8%, 经根尖细胞学检查获得的植株为双单倍体。

2.4 胚乳培养 (endosperm culture)

胚乳是胚发育过程中提供养料来源的主要场所, 胚乳组织还是一团匀质的薄壁细胞, 没有任何器官发生和维管分化。此外, 胚乳象胚一样也是杂交组织, 但其倍性不同于胚。因此, 通过胚乳培养又可能得到倍性不同的植株, 从而应用于马铃薯染色体工程的研究中。另外, 通过胚乳培养可以研究某些天然产物的生物合成。刘淑琼等 (1981)^[23]以 MS 附加 2.0mg/L NAA、0.1mg/L BAP、500mg/L CH 和 5% 蔗糖的培养基上培养马铃薯品种“上海 72332”的胚乳, 其愈伤组织的诱导频率为 12.6%, 将愈伤组织转移到分化培养基上, 个别胚

乳愈伤组织分化出了芽和小植株。研究结果认为, 在马铃薯未成熟胚乳培养中, 胚乳愈伤组织的诱导不需要胚参加, 低浓度的赤霉素 (0.1mol/L) 有益于马铃薯胚乳愈伤组织分化芽和小植株。

2.5 叶片、茎段、块茎等组织的培养

我国学者从马铃薯幼茎切段^[24]、幼芽^[24]、叶肉细胞^[25]、叶片^[26]、块茎盘^[26]等许多种外植体培养还获得了再生植株。韩善华等 (1982)^[24]的研究结果表明, 在幼茎切段培养中, 生长素2,4-D诱导愈伤组织的效果最好, 当其浓度为 2mg/L 时, 诱导频率可达 97.8%。在苗的分化中, 细胞分裂素6-BA的存在是必不可少的。在分化培养基中加入 100mg/L 硫酸腺嘌呤和 100mg/L 水解乳蛋白, 不但有利于愈伤组织的生长, 而且对苗的分化也有一定的促进作用。双宝等 (1995)^[26]通过不同外植体再生植株的研究, 结果表明适合植株再生的最佳外植体为叶片, 最佳外植体大小为叶片 0.5cm^2 、茎 0.5cm 、块茎 $0.25\text{cm}^2 \times 0.3\text{cm}$ 。

3 细胞悬浮培养 (cell suspension culture)

马铃薯悬浮细胞培养可以为突变体筛选、无性系变异、原生质体的分离和培养、遗传转化、次生代谢物生产、种质资源库的建立、人工种子的制备等多项研究提供良好的实验系统。祁新等 (1996)^[27]以马铃薯品种“春薯1号”为供试材料, 进行了马铃薯悬浮细胞培养的研究, 结果表明, 马铃薯幼嫩组织是建立悬浮细胞系的优良外植体, 将诱导出的愈伤组织用镊子夹碎后置于液体培养基中, 在 120r/min 、 $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 、黑暗下, 每5d继代一次可以建立良好的悬浮细胞系。张宁 (1999)^[28]通过对马铃薯悬浮细胞系的建立及单细胞培养的结果表明, 2mg/L 2,4-D和 0.4mg/L BAP的激素配比可以有效地提高愈高伤组织的分散性和生长速度, 细胞悬浮培养物每5d继代一次, 新旧培养基体积比以 3:1 为宜。

4 原生质体培养 (protoplast culture)

植物原生质体的分离和培养是进行体细胞融合的关键技术环节和基础。在我国, 马铃薯原生质体培养的研究, 与国外相比差距甚大。目前共有7个马铃薯品种(系)的原生质体培养获得了再生植株^[29~31], 原生质体来源于无菌试管苗叶片^[29,30]、

实生苗子叶和下胚轴^[31]。培养方法均采用液体浅层静止培养。李耿光等 (1988)^[29]观察到马铃薯叶肉原生质体分裂能力与材料的培养条件有关, 将试管苗培养于温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 2000lx 、 16h 光照下, 容易得到大量具有活力的原生质体。并观察到由叶肉原生质体再生的植株在叶形、叶色、叶片大小、茎叶绒毛、分枝情况、植株生长势等形态学方面发生了变异。并且在染色体数目上也发生了明显的变异, 具有正常四倍体染色体数的频率很低, 而非整倍染色体数频率很高。李世君等 (1989)^[30]的研究表明, 4°C 、暗中预处理无菌苗有利于获得高质量的原生质体, 生长4周的无菌苗游离原生质体效果最好, 在分化培养基中加入3%甘露醇能提高愈伤组织的分化频率和缩短分化期。戴朝曦等^[31]的研究结果表明, 在强连续光照下培养的实生苗, 其原生质体的产量和质量都显著的高于弱光下培养的, 在完全黑暗下培养的黄化实生苗不能游离出完整的原生质体, 酶解前将组织在酶液中进行真空渗透处理能显著提高原生质体的产量。此外, 王蒂等 (1999)^[33]对马铃薯花粉原生质体的分离还进行了研究, 结果表明, 1%蜗牛酶和0.5%崩溃酶的混合酶液游离马铃薯小孢子原生质体效果最好, 对分离得到的花粉原生质体用0.1%荧光增白剂检测表明脱壁完全, FDA荧光检测表明花粉原生质体具有生活力。花粉原生质体的分离成功, 将有可能使马铃薯四倍体栽培种的花粉原生质体和二倍体野生种的体细胞原生质体进行配子-体细胞杂交 (gameto-somatic hybridization) 成为可能, 最终得到四倍体杂种植株, 从而为利用野生种的优良基因开辟一条新的途径。

5 块茎离体生产 (microtuber production *in vitro*)

离体培养生产马铃薯块茎, 其优点是体积小、重量轻和无菌的, 并且不受季节的限制, 但其在田间生长植株完好。离体培养生产块茎, 可用作输出马铃薯种质的崭新方法, 并有可能成为商品种子。在离体培养条件下, 诱导马铃薯试管薯的研究已引起了我国学者的普遍重视, 并已取得了许多有价值的研究成果^[34~49]。关于离体培养生产马铃薯试管薯的研究, 可阅读连勇 (1995)^[47]和李灿辉等 (1998)^[48]的报道以及本文所附的相关文献, 这里

不再详述。

6 种质离体保存 (germplasm preservation *in vitro*)

马铃薯为无性繁殖作物,繁殖器官体积大,含水量高,贮藏过程中易发芽,需年年田间种植,并且为大株行距作物,占用土地面积大,还易受病毒侵染造成退化,因此用常规方法保存数目庞大的马铃薯种质几乎成为不可能的事情。采用组织培养技术建立无菌试管苗保存马铃薯种质具有许多优点,免去了大田种植保存的费工费时以及危险性,贮藏空间小,繁殖系数高,并且便于提供原种、地区间发放和国际间交流。马铃薯种质保存的方法主要有试管苗及微型块茎的低温贮藏和组织或细胞的深低温贮藏。我国学者在马铃薯种质离体保存方面也进行了一定的研究^[8,50~53]。陶国清等(1980)^[50]将继代培养2cm高的植株在无菌条件下埋入培养基中,只留下1~2个叶片露在培养基上,然后置于4~6℃冰箱中,贮藏一年仍能成活。林长春等(1989)^[8]在MS培养基中添加3mg/L脱落酸(ABA)和4%甘露醇,存放550d的试管苗存活率可达36%。再加上用塑料薄膜封口代替棉塞,可使试管苗继代保存期延长到1~1.5年转移一次。霍茂林等(1988)^[51]应用降低培养温度(3~5℃)、提高培养基渗透压(90g/L蔗糖,7%甘露醇)、改善透气状况、添加植物生长调节剂(15mg/L ABA,13mg/L青鲜素)、添加抗菌剂(100mg/L庆大霉素)、抽气减压、补充光照等综合措施保存马铃薯试管苗,两年后存活率为80%~90%,部分达3年仍富有生命力。而且还用砂土保存法保存马铃薯微型薯或原原种可达1年以上。周明德(1989)^[52]研究了B₉的同类衍生物-甲基丁二酸对马铃薯试管苗生长和保存的影响,结果表明在MS培养基中加入70~100mg/L甲基丁二酸,10℃、500~1000lx条件下,马铃薯试管苗可保存1年以上。

7 问题与展望

经过20多年的研究,我国马铃薯组织和细胞培养已经取得了长足的发展,但与国际上的研究相比,仍存在不少困难尚待进一步的深入研究。茎尖培养脱出病毒的效果及品种的范围仍需扩大,花药培养诱导双单倍体及一单倍体的频率较低,并且受

基因型的限制,花粉培养尚未再生植株;胚、子房及胚乳培养诱导成株的品种很少,其培养条件需进一步优化;细胞悬浮系的建立及单细胞的分离培养效率尚待提高;原生质体培养还未程序化;离体块茎的诱导及贮存在生理生化机理方面有待深入探讨,以便达到系统化操作的程度;种质低温和深低温保存及其遗传稳定性未进行广泛研究等。以上诸多问题的解决,有赖于马铃薯同仁们的共同协作努力,可望不久的将来取得重大突破。马铃薯组织和细胞培养的研究,除用茎尖培养获得无毒苗进行大规模种薯生产已取得巨大经济效益外,其他诸项研究大多数仍停留在实验室阶段。要将这些技术应用于马铃薯的遗传育种和生产实践中,必须强调的是各项技术要综合应用,并且与常规育种研究要相结合,最终才能培育出优良的马铃薯品种,从而进一步地为生产实践服务。此外,通过组织和细胞培养诱发体细胞无性系变异,可提供常规育种无法比拟的新机会和优越性,从而为马铃薯品种改良做出重大贡献。

参 考 文 献

- [1] 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所. 中国马铃薯栽培学. 中国农业出版社, 1994, 131-140
- [2] 马铃薯种薯生产协作组. 马铃薯种薯生产的研究 I. 用茎尖培养法生产马铃薯无病毒原种. 植物学报, 1976, 18 (3): 233-238
- [3] 中国科学院遗传研究所组织培养室三室五组. 离体培养马铃薯茎顶端(或腋芽)生长点的初步研究. 遗传学报, 1976, 3 (1): 51-55
- [4] 黄楚材, 代启益, 李春元. 茎尖培养马铃薯“双季1号”获得无毒植株的研究. 马铃薯, 1980, (1): 4-7
- [5] 陶国清, 殷蔚蕙, 崔郁英等. 马铃薯无病毒植株的大量繁殖和栽培. 植物学报, 1981, 23 (1): 75-78
- [6] 陶国清, 殷蔚蕙, 宫国璞. 马铃薯茎尖培养和无病毒植株繁殖贮存技术研究. 农业现代化研究, 1985, (5): 25-29
- [7] 裴荣信. 马铃薯茎尖脱毒种薯技术的改进. 马铃薯杂志, 1988, 2 (4): 223-227
- [8] 林长春, 李其文. 马铃薯茎尖脱毒与种质资源试管保存的研究. 马铃薯杂志, 1989, 3 (2): 73-78
- [9] 林长春, 滕丽伟. 不同形态和种类培养基对马铃薯茎尖生育的影响. 马铃薯杂志, 1990, 4 (3): 153-154
- [10] 戴朝曦. 用花药培养法诱导马铃薯产生双单倍体植株的研究. 科学通报, 1982, 27 (24): 1529-1532
- [11] 戴朝曦, 于品华, 王蒂等. 用花药培养法培育马铃薯双单倍体植株的研究 II. 几个因素对诱导结果的影响. 马铃薯, 1985, (1): 15

- [12] 戴朝曦, 于品华, 王蒂等. 用花药培养法培育马铃薯双单倍体植株的研究Ⅲ. 花药培养中出现的一些特殊现象及双单倍体植株的初步观察. 马铃薯, 1985, (2): 3-7
- [13] 郭黎明, 王玉娟, 王克兰等. 马铃薯花药培养研究. 马铃薯, 1985, (4): 1-5
- [14] 朱明凯, 程天庆, 高湘玲等. 早熟马铃薯四倍体栽培种花药诱导成株. 园艺学报, 1985, 12 (3): 177-180
- [15] 高湘玲, 程天庆, 朱明凯等. 马铃薯花药培养. 农业科技通讯, 1988, (7): 18
- [16] 左秋仙, 李淑媛, 林自安等. 马铃薯花粉粒的分离培养和愈伤组织的形成. 马铃薯杂志, 1990, 4 (1): 19-22
- [17] 王蒂, 冉毅东, 戴朝曦. 马铃薯花药培养中高温前处理的作用及不同基因型的反应. 马铃薯杂志, 1990, 4 (3): 139-143
- [18] 戴朝曦, 于品华, 冉毅东等. 用花药培养法由马铃薯雄性不育双单倍体诱导—单倍体植株的研究. 遗传学报, 1993, 20 (2): 141-146
- [19] 冉毅东, 戴朝曦. 马铃薯花药培养硝酸银对诱导双单倍体及—单倍体的效果. 西北农业学报, 1993, 2 (4): 43-47
- [20] 冉毅东, 王蒂, 戴朝曦. 提高马铃薯双单倍体花药培养产生胚状体及再生植株频率的研究. 马铃薯杂志, 1996, 10 (2): 74-78
- [21] 王蒂, 冉毅东, 戴朝曦. 用胚挽救方法获得马铃薯种间杂种植株. 马铃薯杂志, 1991, 5 (2): 79-82
- [22] 陶自荣, 刘敏颂, 朱仲纯. 马铃薯未传粉子房培养诱导双单倍体植株. 遗传学报, 1988, 15 (5): 329-334
- [23] 刘淑琼, 母锡金. 马铃薯离体胚乳培养的研究. 植物学报, 1981, 23 (1): 72-74
- [24] 韩善华, 郑国鋈. 马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 幼茎(芽)愈伤组织的诱导和植株再生. 实验生物学报, 1982, 15 (1): 111-115
- [25] 邹育礼. 马铃薯叶肉细胞再生植株研究初报. 遗传, 1983, 5 (2): 13-14
- [26] 双宝, 李文美, 李文滨等. 马铃薯优化再生系统的建立. 马铃薯杂志, 1995, 9 (3): 134-138
- [27] 祁新, 王权, 顾德峰等. 马铃薯悬浮细胞培养. 吉林农业大学学报, 1996, 18 (1): 21-24
- [28] 张宁. 马铃薯单细胞分离和培养及植株再生的研究. 甘肃农业大学硕士学位论文, 1999
- [29] 李耿光, 张兰英. 马铃薯叶肉原生质体再生植株的研究. 植物学报, 1998, 30 (1): 21-24
- [30] 李世君, 李向辉, 孙勇如. 马铃薯无菌苗叶肉原生质体再生植株. 生物工程学报, 1989, 5 (1): 57-63
- [31] 戴朝曦, 孙顺娣. 马铃薯实生苗子叶及下胚轴原生质体培养研究. 植物学报, 1994, 36 (9): 671-678
- [32] 李耿光, 张兰英, 陈如珠. 马铃薯原生质体再生植株表现型变异和染色体数目变化. 植物学报, 1992, 34 (9): 712-716
- [33] 王蒂, 司怀军, 王清. 马铃薯花粉原生质体分离的研究. 园艺学报, 1999, 26 (5): 323-326
- [34] 王军, 王家旺. 马铃薯气生块茎的诱导. 植物生理学通讯, 1984, (6): 35-38
- [35] 何静波, 段金玉, 万勇等. 马铃薯试管诱导结薯方法的改进. 云南植物研究, 1988, 10 (4): 396-402
- [36] 胡云海, 蒋先明. 不同糖类和 ABA 对马铃薯 (*S. tuberosum*) 试管薯的影响. 马铃薯杂志, 1989, 3 (4): 203-206
- [37] 李宝庆, 郑妙嫦, 罗锡金等. 大规模试管薯生产的一个范例. 中国马铃薯和甘薯合作研究进展. 中国农业科技出版社, 1990, 191-195
- [38] 何静波, 彭丽萍, 万勇等. 一种有利于诱导马铃薯试管结薯的化合物—比久. 中国马铃薯和甘薯合作研究进展. 中国农业科技出版社, 1990, 206-209
- [39] 张顺, 陈廷芳. 马铃薯试管薯诱导因子最佳组配的研究. 马铃薯杂志, 1990, 4 (4): 206-209
- [40] 冉毅东, 王蒂, 戴朝曦. 用组织培养法诱导试管微型薯的研究. 马铃薯杂志, 1991, 5 (4): 193-198
- [41] 王春林, 程天庆. 利用试管薯快速繁殖马铃薯. 马铃薯杂志, 1992, 6 (2): 82-85
- [42] 柳俊, 谢丛华, 黄大恩等. 马铃薯试管块茎形成机制的研究——BA 对试管块茎形成与膨大的影响. 马铃薯杂志, 1995, 9 (1): 7-11
- [43] 杨文玉. 不同组织培养条件对马铃薯试管微型薯的诱导. 马铃薯杂志, 1996, 10 (1): 20-23
- [44] 连勇, 邹颖, 杨宏福等. 马铃薯试管薯发育机理的研究——外源诱导剂对试管薯形成的影响. 马铃薯杂志, 1996, 10 (3): 130-132
- [45] 连勇, 邹颖, 杨宏福等. 马铃薯试管薯发育机理的研究——温度对试管薯形成的影响. 马铃薯杂志, 1996, 10 (3): 133-137
- [46] 冉毅东, 王蒂, 王清等. 光温及培养基类型对马铃薯试管微型薯诱导的影响. 中国马铃薯学术研讨文集. 黑龙江科学技术出版社, 1996, 244-249
- [47] 连勇. 马铃薯试管薯诱导与应用. 马铃薯杂志, 1995, 9 (4): 237-240
- [48] 李灿辉, 王军, 管朝旭等. 离体培养条件下植物生长物质对马铃薯块茎形成的影响. 马铃薯杂志, 1999, 13 (1): 3-6
- [49] 连勇, 刘蕾, 屈冬玉等. GA₃、IAA 和 C/N 对马铃薯试管匍匐茎及试管薯形成的影响. 马铃薯杂志, 1999, 13 (1): 3-6
- [50] 陶国清, 陈慧颖, 连汉平等. 利用组织培养法低温保存马铃薯材料. 植物学报, 1980, 22 (2): 202-203
- [51] 霍茂林. 马铃薯种质资源保存方法的研究. 马铃薯杂志, 1988, 2 (4): 222-223
- [52] 周明德. 甲基丁二酸对马铃薯试管苗生长和保存的影响. 马铃薯杂志, 1989, 3 (1): 7-10
- [53] 陶国清, 章一安, 李淑媛等. 组织培养技术在马铃薯种质保存中的应用. 植物生物技术和作物改良. 中国科学技术出版社, 1990, 243-253